建立全球领先的科学技术创新体系

——美国成为世界科技强国之路

樊春良

中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190

摘要 文章从国家创新体系起源和发展的角度，探讨美国成为世界科技强国的发展道路和关键点，并指出美国在成为世界科技强国的发展过程中，经过二战形成了一个以政府、大学、企业三者伙伴关系为特点的创新体系，从而促进了美国科学技术的飞速发展。同时，美国科学技术也是在应对外部挑战而寻求变革中得到发展的。文章认为科学的自由和自主精神、基础研究与应用的结合、多元化的投入体系以及创新文化环境是美国成为世界科技强国的重要因素。

关键词 世界科技强国，美国，科学技术，创新体系

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2018.05.008

第二次世界大战以后，美国成为世界军事上和经济上的头号强国，成为科学技术的头号强国。美国不仅在基础科学领域居世界领先地位，而且发明和发展了一系列影响美国和世界发展的高新技术；同时，美国的大学还是世界科学与教育的中心，长期吸引各国青年学生前往深造。

为什么美国在二战后成为世界上科学技术最强大的国家，并长期保持领先地位？人们很容易想到的一个原因是，二战前后有大量的欧洲科学家来到美国，以及后来世界各国科技人才纷纷涌向美国，为美国的科学技术发展作出了突出贡献。但是，这只是其中的一个重要因素，或许更重要的是美国在战后形成了一个激励创新的组织体系和研究环境，使各方面人才的热情和才能充分发挥出来，从而推进科学技术不断向前发展。这是一个需要从多方面研究的现象。笔者曾从历史根源、政府政策和制度界变（bounded change）3 个方面对此做了探讨[1]。本文则从创新体系起源和发展的角度为主，探讨美国成为世界科技强国的道路、关键的发展事件及转折点和成功经验。

1 二战以前的发展：学习、追赶、自立

从建国到二战前，美国的科学技术走了一条学习、追赶和自立的道路。到二战之前，美国在科学技术的许多领域已经赶上欧洲先进国家，并形成了促进科学技术与创新的体系，为二战以后的发展奠定了基础。

修改稿收到日期：2018年5月18日

1.1 美国科学共同体的形成

北美殖民地的科学来源于欧洲，在与欧洲科学交流的过程，美洲科学开始成长。从美国独立到南北内战结束期间（1776—1865 年），美国科学开始从欧洲特别是从英国的附属中独立出来，尽管规模还很小。

1812 年美英战争结束后的 30 年称为美国科学的开端时期。在这段时间，美国科学领域的从业者从一个没有共同目标或方向的散漫业余者群体转变成为一个职业团体，出现了许多学会和期刊。1848 年，美国第一个全国性的科学学会——美国科学促进会（AAAS）成立，标志着美国科学共同体的形成[2]。1863 年，美国科学家精英的代表——美国国家科学院（NAS）成立，宗旨是为政府提供科学咨询。

在美国的科学研究走向职业化的过程中，政府机构中开展的科学活动起了很大的作用。虽然美国宪法没有直接地提出支持科学，但在各种有关应用的上下文中却含蓄地准许联邦政府支持科学。因此，联邦政府是为实现国家和社会发展（国防、资源考察、农业和健康等）目标，把科学作为附属支持。从 19 世纪开始，美国政府以应用为目标，成立了第一批政府科学机构，如 1807 年成立的海岸测量局，1842 年成立的海军天文台等。1862 年美国农业部的成立，标志着联邦政府支持其机构开展科学研究的水平达到新的高度。政府科学机构雇用了第一批职业科学家，其中一些人同时也是科学学会的领导和骨干，领导全国的科学事业发展。

1.2 美国研究型大学的兴起与科学研究

除了哈佛（1636 年）、耶鲁（1701 年）等是仿照英国古老的传统而建立起来的，美国早期大学中的大部分是面向地方实际需要而建立的。19 世纪初，公立大学（州立大学）开始发展。19 世纪中期开始，科学在大学中受到重视。1862 年，美国国会通过《莫利尔法案》（*The Morrill Act*），建立了赠地学院（land grant college），以促进州立大学的发展。但是，在 19 世纪中期，美国的大学还是比较落后的。那时，美国的年轻人都去欧洲，特别是去德国攻读博士学位。当他们回到美国后，把德国那种研究与教育结合的方式带回美国（如师生平等讨论问题的 seminar），并加以发展，促进了美国大学的发展，包括一些新型大学（如约翰·霍普金斯大学、芝加哥大学等）的创立和老牌大学的新发展。到 19 世纪 70 年代，许多大学开始鼓励教师从事学术研究以及通过研究培养学生，研究作为教育的价值得到了充分的展现，美国研究型大学开始兴起。同时，科学开始进入大学的主体课程中，大学成为“科学的家”，促进美国科学在 19 世纪下半叶快速发展。到 1920 年，美国的研究型大学现代形态已经成型，并在美国高等教育中占据主导地位。

美国的大学具有鲜明的特点：① 美国大学是一个以私立大学为主导的高度分立化的竞争系统。不像许多欧洲国家那样由中央决策机构（教育部）来决定大学的政策，美国高等教育的权限归各州而不是联邦政府。各州可以根据自己的实际情况，对大学的发展进行管理，强调大学办学的自主性。在这样一个自主、分立化和竞争的体系中，科学家可以自由地按照自己的科学价值判断，选择自己想要研究的问题，并对他们认为做出高水平研究工作的同行给予奖励。这促进了大学的学术发展，也推动了科学的发展[3]。② 实用化。美国的大学积极响应地方经济和工业发展需求，大学的发展与工业发展相伴相随。不仅一些私立大学的建立与工业相联系，而且州政府对州立大学的支持也与地方发展紧密相联。20 世纪上半叶，围绕新兴产业的发展，新的工程学科在大学里逐渐体制化，使大学与新兴产业发展紧密地联系在一起[4]。由于以上特点，美国大学的突出特点是对其经济和社会环境变化有更快和更大范围的响应。

到 19 世纪末和 20 世纪初，美国的科学精神更加强调本土化，从欧洲科学中独立出来。1907 年，美国诞生了第一位诺贝尔奖获得者——物理学家迈克尔逊，这标志着美国科学走上自立。

1.3 美国工业技术的发展与研究

英国是第一次工业革命的先驱者，美国跟得很快。19 世纪上半叶，美国在一些工业领域上已经超过英国，如仪器设备等。同时，美国的铁路和交通得到巨大发展。19 世纪下半叶，美国以在生产品和消费品方面的发明和创新而闻名世界。到 19 世纪 90 年代，美国的钢铁生产及其生产公司的高效已被世界公认。虽然大多数关键的发现和发明主要是由欧洲人所做出的，但美国在科学的实际应用方面已经超过欧洲。到第一次世界大战开始时，美国已经在大规模生产工业方面居世界领先地位。

在 19 世纪末和 20 世纪初，美国在以化学和电气工业为主导的第二次工业革命中紧跟欧洲，在大学建立起化学、电气工程学系。到一战时，美国的大学系统已经能够很好地为以科学为基础的新型产业发展提供科技人员。尽管在二战以前美国工业研究实验室一些最有创造力的科学家仍培养于欧洲，但在 1920 年之后大多数已经逐渐由美国自己培养。一战前，美国在电气工业建立了第一批经典的工业研究实验室，开展前沿科学研究。美国的电气工程在世界上居领先地位，并与电报和电子工业联系紧密，共同发展。在一战和二战期间，美国经济以汽车产业为核心，带动钢铁工业、玻璃工业、橡胶工业以及石油工业的发展，加强和扩展了在大规模生产方面的领先地位。在合成有机化学品、化学过程仪器和精细机器方面，美国虽然不占主导地位，但也是欧洲强有力的竞争者。早期美国的化学工业比较落后，与德国相比差距显著，但是到了 20 世纪 30 年代，美国开始大幅赶上德国[5]。

1.4 科学技术领域的公私合作

一战期间，美国动员科学家更大范围地参与备战。1916 年，美国国家科学院的执行机构——国家研究理事会（NRC）成立，其将大学、私人基金会和政府联合在一起，创立了新的公私合作模式。虽然这种模式整体上并没有持续多久，但为后来大学科学与政府关系的建立提供了经验。其中，以私人基金会资助科学活动的模式，在一战后得到极大发展，促进了大学科学的成长及其自主创新能力的增强。

1.5 二战以前美国的科学技术小结

在二战以前，美国已经形成了以大学和工业研究实验室为主体的科技创新体系，政府的支持主要集中在国家和社会需求的应用领域，以农业为主。1930—1940 年，工业研究实验室已经成为美国的创新主体，期间整个研究与发展（R&D）经费投入的部门比例为：政府 12%—19%，工业界 63%—70%，大学 9%—13%[6]。这一体系以市场竞争机制为基础，积极响应经济发展和社会的发展需要，具有高度的灵活性，体系内部有着自然的联系和充分的流动性，强调自下而上的首创精神，为后来美国科学技术的更大发展奠定了基础。

通常认为，直到 20 世纪 30 年代，西欧在科学上仍然保持着明显的领先地位，美国依靠西欧的原始创新开展应用和发展。科学社会学家本 · 大卫对 20 世纪上半叶 50 项重大发明的研究表明，这个认识至少部分是错的——美国的基础科学在 1920 年后的增速超过欧洲，美国不仅不是靠欧洲的科学开展应用和发展，而且从原始创新到最终产品整个过程的能力要强于欧洲[7]。

2 二战中政府与科学关系的变革

2.1 二战中产生出来的政府与科学伙伴关系

二战是美国科学技术发展的一个分水岭。美国科技政策研究的权威布鲁克斯教授这样说：“在工业化国家中，美国是唯一一个在研发体系和科学政策方面被二战永久地改变了的国家。”[8] 在二战以前，联邦政府仅限于根据应用目标支持科学，且主要限于政府内部机构。在二战中，美国联邦政府政策方面发生根本转变，成为国家科学技术发展的主要支持者，并在战后确定和延续下来。

为应对战争的需要，美国发展、部署和使用先进军事技术的计划包含许多不同的科学技术部门，有大量各种不同的机构和科学家参加。由于战争的规模及紧迫性，需要创造新的机制，以管理复杂的计划和最大限度地加快研发速度，协调新的研发力量以及与军队整体

发展相连。在战争期间，这些特殊的机制掌握在万尼瓦尔·布什为首的一小群科学精英手中，他们代表了各个主要部门科学家的诉求。

万尼瓦尔·布什在评估战争的形势时，坚信技术将在未来美国卷入的战争中发挥重要作用。战争是高度技术化的，所以不能像一战时期那样完全留给军方控制。“时代召唤相反的情况：让熟悉科学最新进展的人来熟悉军队的需要，以便他们能告诉军方什么在科学上是可能的，由此他们一起来评估应该做什么”[9]。万尼瓦尔·布什联合科学界的精英，祈求白宫动员科学技术资源。他们设想建立的机构是这样的：有自己的资金，由民间科学家管理，直接向总统报告，独立于军事部门和其他政府机构，但与之协调。1940 年 6月12日，罗斯福总统批准万尼瓦尔·布什的建议，宣布成立国防科学委员会（NDRC）。NDRC 的建立开启了政府与科学关系的新时代。美国科学史家杜普雷在其名著《联邦政府中的科学》中写道：“1940 年标志着联邦政府与科学关系新时代的开始。到此为止，可以在历史连续的道路上划出一条线来，这个日期把美国在这一领域前 150 年的经历与随后的经历划分开来。随着运行规模的彻底改变，科学令人注目地进入舞台的中央。”[10]

一年之后，国防科学委员会扩展为科学研究与发展局（OSRD），由万尼瓦尔·布什任主任，直接对总统负责，在联邦政府负责科学的机构中占据中心位置，成为战时美国国家科学活动的“指挥部”。OSRD 成功地积聚起全国科学家的力量，为二战的胜利作出了巨大的贡献，同时深刻地影响了二战后美国科学政策的形成。

2.2 制度创新：通过合同联合

科学研究与发展局的基本目的是把科学的选择放在科学家的手中，由科学家单独地判断研究路线的价值。这种组织结构保持了科学家的自主性。各部门的领导人来自大学或其他地方，在执行和实施相应的政策时被赋予了广泛的自由[11]。科学研究与发展局并非通过行政直接控制的方式来发挥其“中心”作用，而是通过合同制来实施，这是一个科学与政府关系的重大创新。这样，学术机构和工业界就作为联邦政府的伙伴，而不是直接受其控制。从此，美国政府从支持自己的研究变为通过合同支持全国更为广泛的研究。

2.3 科学研究与发展局的影响

科学研究与发展局成立以来取得了巨大的成就，不仅包括原子弹早期的研制，而且还有雷达、炸弹的无线感应引信、计算机、青霉素的大批量生产和用于军用药物的 DDT。

二战中，美国政府成为科学研究的主要资助者，政府 R&D 经费从 1940 年的 4.8 亿美元增长到 1945 年的 50 亿美元，占全国全部 R&D 经费的比例由 18% 上升至 83%[12]。

通过国防科学委员会和科学研究与发展局的建立，美国的战时动员形成了一个联结政府、大学、研究机构、工业企业和军方的创新网络。虽然在二战以后，战时的组织形式被新的组织形式替代，但战时形成的网络关系和人际关系依然存在，这为后来政府（军事部门）—工业—大学之间复杂而有活力的伙伴关系奠定了基础。

科学研究与发展局培养了整整一代科学管理者，这些人塑造了美国战后的科技政策。科学研究与发展局实践中所采纳的尊重科学家自主性、支持最好的科学和使用合同制等一些做法被接受和发展（如合同制后来发展出补助金等更多形式）并延续下来，构成战后美国科技政策的基础。

3 二战以后联邦政府支持科学技术的角色转变和组织创新

3.1 联邦政府支持科学技术的角色转变

二战中科学家发挥的巨大作用带来了对科学的信仰，美国政府和社会各界普遍相信科学是一种进步的力量，能促进国家的繁荣、人民的健康和社会的进步。

战后，如何保持战争期间形成的科学技术力量成为

美国政府和社会各界关注的问题。1945 年，应罗斯福总统的要求，万尼瓦尔·布什完成了《科学——永无止境的边疆》（*Science: The Endless Frontier*）报告，展现了科学的前景——作为“没有止境的边疆”的科学将会取代物理上美国西部的边疆，成为国家的经济发展、人民生活标准提高和社会进步的新动力。这一个报告的基本思想有：① 科学进步对于保证人民健康、国家安全和公共福利是不可少的；② 基础研究是一切知识的源泉，基础研究的发展必然会为社会带来广泛的利益；③ 科学共同体需要保持相对的自主性和探索的自由，以免受政治和其他利益集团的压力，保证科学知识的进展。据此，该报告提出，联邦政府应该承担起保持科学知识进步和培养新生科学力量的职责。报告建议成立国家研究基金会（国家科学基金会最初的名字）——一个全面包括自然科学各个领域的资助机构，并且包含一个支持长期军事研究的部门。布什把大学作为战后科学政策实施的中心[13]。

布什的报告是以战争中科学研究与发展局的成功经验为基础的。联邦政府应承担支持科学技术主要责任的思想，反映了当时美国朝野的共识。布什的报告蕴含着科学的社会契约（social contract for science）思想：政府保证资助基础研究和科学家的自由，科学家保证研究做出发现，并会为社会带来广泛的利益。

二战后，有关科技政策不同观点的各方展开了激烈的辩论。最终，布什关于政府支持科学的思想取得胜利——政府承担科学主要资助者的角色；但是，他的具体组织设想：建立一个统一的、全国性的、完全由科学家自主管理的支持科学发展的机构——国家研究基金会并没有取得成功。1945—1950 年，长达 5 年关于国家科学基金会成立的辩论中，为了填补科学研究与发展局解散的空白，美国海军研究办公室、原子能委员会（AEC，能源部的前身）和国立卫生研究院（NIH）相继开始支持科学研究，AEC 不仅支持大学的合同研究，而且以大学管理的实验室为基础，创立了一系列国家实验室。待 1950 年国家科学基金会（NSF）成立时，它只是联邦政府多个支持科学研究的部门和机构中的一个。美国事实上形成了多元化的资助体系。

二战后，美国联邦政府开始大幅度支持科学的发展，大学研究体系飞快扩张。国家科学基金会和国立卫生研究院为大学各个学科的基础研究提供支持，国防部、原子能委员会这些具有特殊使命的机构，也从自己的使命和任务出发支持大学的发展，不仅支持基础研究，也对应用研究和工程系提供支持，包括材料、电子和核技术的前沿。到了 20 世纪 50 年代，美国的研究型大学已经明显居于世界的前列。正如 19 世纪后期到 20 世纪初美国的学生都去德国学习那样，现在欧洲、日本以及世界各地的学生开始来美国学习。

3.2 面对“斯普尼克”的挑战

1957 年 10 月4日，苏联发射了开辟人类航天时代的第一颗人造地球卫星“斯普尼克”（Sputnik），表明苏联在火箭和洲际导弹上的技术已居领先地位，这引起了美国朝野的巨大震动。惊恐的美国迅速做出反应，动员巨大的国力资源应对苏联的威胁。从 1957 年底到 1958 年，短短的一年时间里，美国成立了国家航空航天局（NASA），负责制定和实施国家空间发展计划；国防部成立了高级研究计划署（ARPA，1972 年改名为 DARPA），目的是确保开展先进技术的研发，以满足军事需要和应对将来意料不到的技术突破性进展；成立了总统科学顾问委员会，以加强政府的科学决策能力；加强了新武器的研制；1958 年 11 月国会通过的《国家防卫教育法案》，大大加强了美国政府对各个层次科学教育的支持。1958 年 1月31日，美国也成功地发射了人造地球卫星。

人造卫星出现后的 10 年，是美国现代科学技术史上所谓的“黄金时期”。美国成为世界科学技术的领先者。在这段时间内，美国 R&D 经费以平均每年 15%的速度大幅度增长，许多时候增长率甚至超过了国民生产总值（GNP）的增长率。1957—1967 年，联邦政府的研究支出几乎增长 4 倍，达到 150 亿美元。非国防研究类

的研究开始在联邦 R&D 总经费中占据较大份额，尤其是空间科学和医学。所有支持机构的基础研究经费大幅度上升，到 1967 年，已达到联邦总经费的 14%，其中国家科学基金会达到 5 亿美元，占联邦政府支持大学基础研究经费的 13%。1960 年，美国共培养出 6 000 名科学和工程学博士，到 1971 年已经超过 1.8 万名。美国在基础研究上取得一个又一个成就，包括产生 38 名诺贝尔奖获得者[14]。美国的科学技术系统不仅产出了核武器和洲际导弹，而且还有喷气式飞机、计算机、半导体、核能、激光、卫星通信、微波通讯、无数种消费品和医学突破等。美国开始成为现代高技术的策源地和领先者。

3.3 联邦资助科研的组织创新

二战后，在科技政策领域，美国联邦政府创立和更新了一系列支持科学研究的组织机构。每一个机构都是以实现其使命而建立和发展的。例如，原子能委员会为了利用原子能开展研究，海军研究办公室的成立为了海军的发展开展研究，美国国防高级研究计划局的建立是为了国防而开展最先进的技术研发。这样，美国是按照国家的安全、经济和社会发展目标和需求而部署和开展科学研究的。以实现机构的广泛使命开展研究，即所谓的使命导向的研究（mission-oriented research），把研究与应用领域紧密结合在一起，使基础研究与应用研究相互促进，推动了科学技术突破性的进展。例如，美国能源部长期资助放射性对生物体影响的研究，带来了人类基因组计划的启动。

到 20 世纪 70 年代末，现有美国支持科学研究的主要部门和机构——国防部、卫生和公共福利部（主要是国立卫生研究院）、国家航空航天局、能源部、农业部和国家科学基金会都已经建立。多元化是美国科研资助体系的一个优势：不仅为研究人员提供不同的资助来源，同时带来了竞争，促进各个资助机构改善管理；而且，对同一个科技领域，不同机构从不同的角度资助研究，有效地促进了科技进展的相互促进和协同发展，美国信息技术的发展即是一个典型的例子。

4 美国高技术的发展与国家创新体系

二战后发展起来的令世人瞩目的高技术，成为美国的新优势，包括计算机、半导体以及后来的互联网、生物技术与医药，并影响至今。美国的高技术发展，是一个多层次、多角度、相互交叉的历史故事，是在一个充满活力的创新体系——一个由政府支持、大学里的科研活动、创业公司以及现有公司私人企业对研发活动的投资以及相关的制度和政策（如与国防相关的研发和采购、反托拉斯政策）而构成的体系中而发展的。

4.1 信息技术革命

美国高技术的代表是信息技术，即计算机、半导体技术和通信技术的总和。这些技术在 20 世纪中叶最初各自独立发展，自 20 世纪 60 年代起越来越紧密地联系在一起，形成一个复杂的系统，带来了一场技术革命。在不同发展阶段，这些技术领域的突破和进展不同程度上都是由政府、大学与企业的相互作用带来的。

（1）计算机领域。在二战期间，英国和美国就开始为军事目标支持计算机研制。1945 年 11月，世界上第一台电子数字运算的计算机——ENIAC 诞生于美国宾夕法尼亚大学。战后，美国联邦政府不仅资助了国家早期数字计算机的大部分发展，而且持续支持这个领域的突破，且范围广泛，包括计算机分时、人工智能和虚拟现实等。联邦政府的投资还为计算机前沿研究以及大学生、研究生教育所必需的物理基础设施建设提供支持。联邦政府资助发展起来的计算机科学技术后来由私营企业发展成熟。

（2）半导体技术。该技术的起源与计算机不同，是由私营企业主导发展。1947 年，AT&T 公司的贝尔实验室发明了晶体管，带来了半导体技术的关键发展，建立了美国半导体工业。半导体技术所有的重大突破都来自于私人部门的发展。但是，美国联邦政府在半导体产业的发展中起了非常重要的作用。在晶体管发明早期，由于价格昂贵且缺乏市场需求，正是军方的采购使半导

体工业在20世纪50年代得以存活下来，并得到进一步发展。联邦政府将采购合同更多地给予了那些新成立的专业化半导体生产厂家。靠着政府采购和公司的创新投入，美国在半导体工业占据了世界领先地位。

（3）互联网。互联网的发展则是一个传奇。出于应对设想中受核打击下的指挥问题，美国国防部资助了与互联网相关的项目，包括封装交换、阿帕网（ARPANET，1969年）以及包括TCP/IP在内的各种协议的研究。国家科学基金会（NSF）也投入了大量相关资金来支持大学相关的研究。20世纪80年代，NSF开始建立连接全国大学计算机系的网络（CSNET），并建立电话拨号上网的能力，这样可交换电子信件，这是阿帕网不具有的能力。1986年，NSF启动超级计算机中心项目，将全美5个大的超级计算机中心连接起来，建立NSFnet，成为互联网的主干网，并最终取代了阿帕网。1991年，NSF建立的互联网向社会开放。

美国学者斯泰尔、维克托和内尔森在论到美国政府对新产业的财政支持时写道："美国政府在创造互联网上所起的作用就像一个传奇故事，但是，就像所有的传奇一样，我们必须小心地从中得出正确的信息。美国政府从来没有试图建立这样一个互联网——事实上，互联网应该是不同的、常常带着相冲突目的的政府机构所资助的大量不同项目的不断演进的结果。"[15]

4.2 促进信息技术革命的创新体系

美国国家研究理事会计算科学和通信委员会（CSTB）从20世纪90年代初对信息技术的发展及相关政策做过多个专题研究。研究表明，在二战以后，美国在信息技术领域取得巨大发展，部分原因是联邦政府所资助的大学研究、联邦政府和私人所资助的工业研究及在大学与工业界之间流动的人才所组建的公司，以及三者富有成效的相互作用。CSTB的报告指出，尽管IT商业化的成功使人感到工业界是一个自我维持的系统，但充分的证据表明，联邦政府所资助的基础研究奠定了美国整个信息产业发展的基础。工业界的许多进展是建立在政府资助的大学研究基础之上的，有时需通过相当长的孵化期。由大学和工业界开展的许多根本性、基础性研究，在10—15年之后产生了全新的产品类型，并成为产值丰厚（10亿美元）的产业。例如，分时操作、用户/服务计算、图式计算、互联网、局域网、工作站、图形用户界面、RISC处理器、关系数据库、平行数据库、数据挖掘、平行计算、RAID/硬盘服务器、便携式交流和语音识别等。

CSTB的研究还表明，美国政府资助能取得成效还有两个重要因素：① 计算技术研究受益于多个政府机构支持，包括国防部——最著名的是国防高级研究计划署以及国家科学基金会、国家航空航天局、能源部、国立卫生研究院等研究资助机构的支持。这种多样性带来了许多方面的利益，不仅能为研究人员提供多种潜在的支持渠道，而且有助于确保对不同研究题目的广泛探讨，考虑更广泛的应用，促进技术的协同发展。② 强有力的职业项目管理者和灵活的管理结构提高了计算技术研究的有效性[16]。

4.3 促进高技术发展的创新体系

在战后很长一个阶段，美国形成的创新体系从两个方面促进高技术的持续发展。

（1）公共投入与私人投入相配合。一方面，国家经济和技术发展的前景让私营企业乐观地估计到投资研发会获得利润，因此私营企业大力投资高技术研发，R&D经费也相应地大幅增长；另一方面，国防部、国家航空航天局、能源部等在国家战略上和国防重要领域持续投资，促进了重要领域的进展。在不同的领域，公共和私人投资情况不同。在制药、化工领域，私营企业的资助占所有资助的一半。在电子和通讯领域，资金主要来源于实力雄厚的私营企业和大规模的国防资助。公共和私人投资两者形成了良性互动：政府资助那些无法马上进行商业化的研究，私营企业会很好地权衡风险与回报并进行商业化研究；政府通过相关政策支持（如政府采购），确保企业发展，为企业持续创新提供了条件。

（2）人员培养和自由流动。政府资助大学研究，培养新一代青年科技人员进入企业或者创业；同时，大学里的科研人员受聘于企业，或创办企业。在这种发展过程中，大学研究、工业研究和产品发展之间存在着丰富的思想和人员的流动，推动着技术不断向前发展。

5 应对挑战的不断变革

美国在二战后得以成为世界头号强国，有其历史机遇：欧洲国家在二战中都受到极大的毁坏，而美国则获得战争带来的发展时机。二战后的25年，美国在经济发展和科学技术方面占据世界绝对领先地位，但从20世纪70年代开始，随着欧洲经济的恢复、日本的快速发展以及国际环境的变化，美国不断受到外部竞争的冲击和挑战：20世纪70年代的石油危机，20世纪80年代日本的经济挑战，2001年的“9·11”恐怖袭击，以及当今以中国、印度为代表的亚洲崛起，这些都会使得美国的科技整体实力和领先地位相对下降。在这个过程中，美国积极应对变化，不断创新，力图保持世界科技的领先地位。

从某一个角度看，美国科学技术之所以得到大发展，是因为国家在受到实际的或设想的挑战和威胁时所采取的创新措施：二战时建立科学研究与发展局，大力发展科学技术，是为了打败纳粹德国和日本军国主义；20世纪50年代应对苏联发射“斯普尼克”而采取的一系列有效措施，极大促进了美国科学技术在相当长一个时期的发展。

20世纪80年代日本与美国之间的技术经济战，是一场真正的技术较量。日本靠着政府战略规划、企业联合等手段，科技创新能力大幅提高，成为美国的竞争对手。最初表现在钢铁和汽车方面，后来又很快扩展到被美国人视为私有的高技术产品——半导体、计算机和其他电子设备。在与日本争夺市场的半导体之战中，美国企业全面溃退。1980年日本企业只拥有世界集成电路市场份额的24%，到1988年已提高到了50%，而同期美国则由67%下降到38%[17]。20世纪80年代，在电视、照相机、录音机、机械工具和机器人等美国原来领先的技术领域，日本开始占据领先地位。

在日本技术经济战的冲击下，美国政府则开始改变以往对私人企业不加干预的做法，开始拓展联邦资金的使用范围，支持政府研究机构、大学和企业以及企业之间的合作。自20世纪80年代到90年代初，美国国会制定了一系列鼓励联邦机构、大学和私人企业之间合作以及促进技术转移的法案，启动了一些关于工业研发以及与之相关的大学、联邦实验室的资助和激励计划，如小企业研究创新计划、工程中心研究计划、先进技术计划（ATP），并采取税收优惠政策吸引工业部门为大学的基础研究、设备和人才培养直接投资。同时，美国企业界在政府的支持下，开始组建研究与发展联盟：1987年，由14家半导体公司组成半导体制造技术公司（SEMATECH），其研究对象是新一代芯片制造系统，其核心目标是在光刻技术上赶超日本。1988年，国防部决定每年通过高级研究计划署向SEMATECH匹配资金1亿美元。国防部没有白费力气，SEMATECH为美国重新夺回世界半导体市场的领先位置作出了很大的贡献。

1992年，伴随着经济的全面复苏，美国制造商从日本人手中重新夺回了世界半导体市场的领先地位。具有象征意义的是，这一年，日本宣布为期10年的“第五代计算机计划”失败。而美国则随着互联网向社会开放，开辟了信息技术的新时代，带来了1995—2000年的经济繁荣。

进入21世纪，随着中国、印度等亚洲国家崛起和科技实力的增强，面临全球化背景下全面的科技竞争态势，美国科学界和智库纷纷开展研究，为政府决策出谋划策。影响最大的是美国国家科学院于2005年发布的咨询报告《站在风暴之上》（*Rising above the Gathering Storm*），报告提出若干振兴美国科学的建议，其中提出在能源部内创建一个类似高级研究计划署（DARPA）的机构，可以称作“能源高级研究计划署”（ARPA-E）。

2007年，ARPA-E在《美国竞争力法案》下正式创建。

如今，在全球化发展的背景下，美国科学技术的发展已经与世界其他国家的发展密不可分，美国努力保持其领先地位的各种措施势必会对其他国家科学技术发展产生影响。

6 结论

美国成为世界科技强国，经历了一段历史发展过程，既有内在的禀赋作基础，又有外在有利环境的影响。与欧洲文化的天然联系，使美国科学的发展充分汲取了欧洲科学传统的滋养，紧随世界科学发展的前沿，最后得以赶上和超过欧洲科学。在工业和经济发展方面，依靠丰富的资源和巨大的市场，美国抓住工业革命的机遇，在不长的时间内超过英国和德国，成为世界上技术领先国家，其经济和生产力飞快增长。与欧洲国家不同的是，美国经济、社会、教育和科学的发展长期是在联邦政府介入较少的情况下发展起来的，加上美国的自由迁徙传统，形成了一个自由竞争的经济体系和科学体系。企业的创新能力是响应市场竞争信号内在产生的，科学研究同样也强调学术自由和竞争，强调自下而上的创造性。在这样的发展条件下，为了应对二战，美国政府与科学界建立了一种新的关系，建造了一个以政府、科学界和工业界之间伙伴关系为特点的创新体系，这一体系规模巨大，既有强有力的相关政策措施，又在实践中得以更新和发展，"帮助赢得二战，把人送上月球，解密人类基因组，哺育经济成长"[18]。

概括说来，以下4个方面是美国成为世界科技强国的重要因素：

（1）坚持自由探索和自主的科学精神。科学的目的是认识真理，自由探索是科学的灵魂，自主性是则是指科学家对自己工作的判断和免于受其他社会因素控制。这一精神和原则是科学界的共识，并得到政府和工业界的认同，经过万尼瓦尔·布什《科学——永无止境的边疆》报告的概括几乎成为抽象的原则，对美国的科学政策产生了重大影响。即使后来在强调国家目标和国家宏观协调机制的新发展下，这一精神和原则仍然支配着美国科学界[19]。

（2）基础研究和应用的互动。美国重视基础研究，不仅产出原创性的成果，而且对产业和经济发展作出了巨大贡献。而基础研究之所以能够对产业和经济作出贡献，是因为在美国基础研究是在一个广泛的应用背景下开展的：① 美国大学的实践导向；② 政府资助占主导的使命导向型研究；③ 企业有很强的创新能力，不仅开展长远的基础研究，也能吸收和消化最新的科学知识；④ 大学与企业之间在人员和项目之间存在着广泛的交流与合作。这样，通过多种机制，基础研究与应用之间可以紧密而有效地互动，基础研究的成果可以被企业或其他主体应用到实践中，公共投资基础研究能够产生很好的公共效益和回报。

（3）多元化的投资机制。美国独特的多元化投资机制，不仅在整个国家层面上形成了公共（政府）资助和私人资助（企业、私人基金会、大学和风险资本等）的混合机制，协同支持整个科技创新链条上的活动，而且在政府层面上也形成多个部门和机构支持科技发展的机制，有利于激励源头创新，开辟新的战略研究方向。

（4）激励创新的文化环境。美国文化鼓励个人创造性、承担风险和容忍失败等，这些因素有利于激励科学技术中的创新。不论是支持颠覆性创新的高级研究计划署，还是孕育创新性企业发展的硅谷，都体现了创新文化对科学技术突破性发展的重要意义。

参考文献

1 樊春良. 美国是怎样成为世界科技强国的. 人民论坛·学术前沿, 2016, (16): 38-47.

2 Koblstedt S G. The Formation of the American Scientific Community: The American Association for the Advancement of Science 1840-1860. Chicago: University of Illinois Press, 1976.

3 Rosenberg N. University-industry relationships and their role

in the American national innovation system//China-US Joint Conference on Technological Innovation Management. Beijing, 2000: 69-79.

4 Rosenberg N, Nelson R R. American university and Technical advance in Industry. Research Policy, 1994, (23): 323-348.

5 Neslon R R. US technology leadership: where did it come from and where did it go? In: Entrepreneurship, Technological Innovation, and Economic Growth. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1992: 25-49.

6 Mees C E K. The Organization of Industrial Scientific Research. New York: McGraw-Hill, 1950.

7 Ben-David J. Fundamental Research and the Universities: Some Comments on International Difference. Paris: OECD, 1968: 20-22.

8 Brooks H. The evolution of US science policy. In: Bruce L R Smith, Claude E Barfield (eds). Technology, R&D, and the Economy. Washington D C: The Brookings Institution and American Enterprise Institute, 1996: 15-48.

9 Stewart I. Organizing Scientific Research for War: The Administrative History of the Office of Scientific Researchand Development. Boston: Little Brown, 1948: 6.

10 Dupree A H. Science in the Federal Government: A History of Policies and Activities. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1986: 367.

11 Kleinman D L. Politics on the Endless Frontier: Poswart Research in the United States. Durham: Duke University Press, 1995.

12 Kevles D J . The Physicists: The History of A Scientific Community in Modern America. New York: Alfred A. Knopf, 1978: 341.

13 Bush V. Science－The Endless Frontier: A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research. Washington D C: United States Government Printing Office, 1945.

14 Kevles D J . Principles and Politics in Federal R&D Policy, 1945-1990: An Appreciation of the Bush Report.//Science－The Endless Frontier: A Report to the President on A Program for Postwar Scientific Research. Washington D C: National Science Foundation, 1990.

15 Steil B Victor D, Nelson R R. Technological Innovation and Economic Performance. Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2002: 20.

16 CSTB, NRC. Innovation in Information Technology. Washington: National Academy Press, 2003.

17 赛康德. 争夺世界技术经济霸权之战. 张履棠, 译. 北京: 中国铁道出版社, 1998: 16.

18 Lambright W H. Government and science: a troubled, critical relationship and what can be done about it. Public Administration Review. 2008, 68(1): 5-8.

19 苏珊·科岑斯. 二十一世纪科学：自主与责任. 郝刘祥, 袁江洋, 译. 科学文化评论, 2005, 2(5): 50-64.

Construct World Leading S&T Innovation System

—U.S. Road to World's Scientific and Technological Power

FAN Chunliang

(Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Science, Beijing 100090, China)

Abstract From the perspective of the origin and development of national innovation system, this study explores the development road and the key features of the United States as the world science and technology power. It is pointed out that the United States became a world power after a long historical process, and it formed a innovation system characterized by a partnership of government, university, and enterprise after the World War II, which has promoted great development of science and technology. At the same time, American science and technology are developing in response to external challenges. This paper holds that the scientific freedom and autonomy, the interaction between basic research and application, and pluralism investment system are the foundation for the United States as the world's scientific and technological power.

Keywords world's scientific and technological power, American science and technology system, partnership, scientific freedom and autonomy



樊春良 中国科学院科技战略咨询研究院研究员，中国科学院大学公共管理学院教授，博士生导师。中国科学学与科技政策研究会科技政策专业委员会主任，长期从事科技政策及相关领域方面的研究。出版专著《全球化时代的科技政策》（2005）。E-mail: fcl@mail.casipm.ac.cn

FAN Chunliang Research Professor at the Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, and is also faculty at School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences. His research focuses on science policy, science and society. E-mail: fcl@mail.casipm.ac.cn